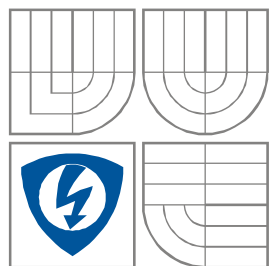


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO MANUÁLNÍ KLIMATIZACI

CONTROL SYSTEM FOR MANUAL AIR-CONDITION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

RADEK PŘÍVĚTIVÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV ŘÍČNÝ, CSc.

BRNO, 2013



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav radioelektroniky**

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Elektronika a sdělovací technika**

**Student:** Radek Přivětivý  
**Ročník:** 3

**ID:** 134388  
**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Řídicí systém pro manuální klimatizaci**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte jednoduchý dvoustavový řídicí systém pro manuální klimatizaci osobního automobilu. Zařízení má umožnit nastavení a měření zvolené vnitřní teploty. Bakalářská práce musí obsahovat:

- (1) stručný rozbor možných řešení měřicího a řídicího systému,
- (2) detailní blokové schéma řídicího systému,
- (3) obvodový návrh a návrh plošného spoje měřicího a řídicího systému,
- (4) realizaci a funkční ověření bloku mikroprocesoru řízení.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ĎAŘO, S., KREIDL, M. Senzory a měřicí obvody. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999.
- [2] PUNČOCHÁŘ, J. Operační zesilovače v elektronice. Praha: BEN – technická literatura, 2002.
- [3] ZAJÍC, J. Automatické řízení klimatizace v automobilu. Bakalářská práce. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2007.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 31.5.2013

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida**  
*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem dvoustavového řídicího systému pro manuální klimatizaci. Systém je realizován v digitální verzi. Bakalářská práce obsahuje detailní blokové schéma s popisem jeho funkce. Je zde uveden detailní rozbor požadavků jednotlivých funkčních bloků a výběr aktivních součástek. Na základě relativních chyb bloků ovlivňujících správnou funkci systému je vypočtena celková relativní chyba systému. Práce obsahuje obvodový návrh všech bloků a podklady pro konstrukci funkčního řídicího systému.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Manuální klimatizace, řídicí systém, teplotní čidlo

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with proposal two – status control system for manual air-condition. The system is implemented in digital version. The bachelor's thesis includes detail block diagram with description its function. Detail analysis of requirements of individual functional blocks and selection of the active components are presented there. The total relative mistake of system is calculated due to relative mistakes of blocks. The work included circuit proposal of all blocks and materials for the construction of functional control system.

## **KEYWORDS**

Manual air-condition, control system, temperature sensor

PŘÍVĚTIVÝ, R. Řídicí systém pro manuální klimatizaci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 43 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řídicí systém pro manuální klimatizaci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 27. května 2013

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Václavu Říčnému, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 27. května 2013

.....

(podpis autora)

# OBSAH

## Obsah

## Seznam obrázků

## Seznam tabulek

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Analýza možných řešení</b>	<b>2</b>
<b>2 Blokové schéma řídicího systému</b>	<b>3</b>
2.1 Blokové schéma .....	4
2.2 Detailní popis funkce řídicího systému manuální klimatizace .....	5
2.3 Výběr aktivních součástek jednotlivých bloků .....	6
2.3.1 Mikroprocesor .....	6
2.3.2 Blok nastavení teploty .....	6
2.3.3 Stabilizátor napětí .....	6
2.3.4 Řídicí obvod displeje .....	7
2.3.5 Displej .....	7
2.3.6 Digitální čidlo teploty .....	8
2.3.7 Relé .....	8
2.3.8 Tranzistor v zapojení jako spínač .....	9
2.4 Rozbor faktorů a vlivů jednotlivých bloků ovlivňujících správnou funkci řídicího obvodu. ....	9
2.4.1 Vliv teplotního čidla .....	9
2.4.2 Vliv mikroprocesoru .....	10
2.4.3 Vliv napájecího zdroje .....	10
2.4.4 Shrnutí všech vlivů .....	10
<b>3 Návrh bloků řídicího systému</b>	<b>11</b>
3.1 Stabilizátor 7805 .....	11
3.1.1 Obvodový návrh napájecího obvodu .....	12
3.2 Teplotní čidlo SMT160-30 .....	13
3.2.1 Měření a výpočet teploty .....	15
3.2.2 Počítačová simulace.....	17

3.3	Dekodér 74LS47 .....	18
3.4	Sedmi segmentový LED displej .....	19
3.4.1	Obvodový návrh sedmi segmentového displeje .....	19
3.5	Tlačítka .....	21
3.6	Relé .....	22
3.6.1	Obvodový návrh bloku relé s tranzistorem .....	22
3.7	Mikroprocesor ATmega162 .....	24
<b>4</b>	<b>Konstrukční podklady pro realizaci funkčního vzorku</b>	<b>28</b>
4.1	Schéma zapojení .....	29
4.2	Deska plošného spoje.....	30
4.3	Osazovací plán .....	30
4.4	Fotografie funkčního vzorku .....	31
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>33</b>
	<b>Literatura</b>	<b>34</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>35</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>37</b>
<b>A</b>	<b>Seznam součástek</b>	<b>38</b>
<b>B</b>	<b>Program</b>	<b>39</b>
<b>C</b>	<b>Blokové schéma mikroprocesoru atmega162</b>	<b>43</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1: Blokové schéma řídicího systému.	4
Obr 2: Pouzdro TO-220 stabilizátoru 7805, převzato z literatury[8].	11
Obr 3: Kompletní zapojení stabilizátoru i s ochrannými prvky.	13
Obr 4: Přehled pouzder SMT160-30.	13
Obr 5: Připojení teplotního čidla k mikroprocesoru.	15
Obr 6: Změna střidy signálu na měřené teplotě.	17
Obr 7: Pouzdro dekodéru 74LS47.	18
Obr 8: Vnitřní zapojení displeje.	20
Obr 9: Schéma zapojení displeje a dekodérů.	21
Obr 10: Připojení tlačítek k mikroprocesoru.	21
Obr 11: Průběh zámků tlačítka v čase.	22
Obr 12: Zapojení relé s tranzistorem.	24
Obr 13: Pouzdra mikroprocesoru ATMega162.	25
Obr 14: Připojení krystalu k mikroprocesoru převzato z literatury[12].	25
Obr 15: Zapojení SPI sběrnice k mikroprocesoru.	26
Obr 16: Celkové schéma zapojení.	29
Obr 17: Deska plošného spoje.	30
Obr 18: Rozložení součástek na desce plošného spoje.	31
Obr 19: Fotografie osazené desky.	32
Obr 20: Fotografie řídicího systému v činnosti.	32



# SEZNAM TABULEK

Tab 1: Tabulka základních parametrů stabilizátoru 7805.....	12
Tab 2: Tabulka základních parametrů teplotního čidla SMT160-30.....	14
Tab 3: Pravdivostní tabulka. ....	19

# ÚVOD

Jedním z nejžádanějších vybavení automobilu je klimatizace. Používají se dva základní typy – levnější manuálně řízená, která pracuje nespojitě a dražší automaticky řízená klimatizace. Obě obvykle využívají kompresorové chlazení. Výhoda automatické klimatizace spočívá v tom, že si můžeme nastavit požadovanou teplotu a řídicí systém klimatizace ji po celou dobu udržuje. Má ovšem i nevýhody, mezi které patří například vyšší spotřeba paliva a snížení výkonu motoru, protože v případě jejího spuštění, kompresor pracuje nepřetržitě.

Bakalářská práce řeší problematiku doplnění manuální klimatizace dvoustavovým řídicím systémem tak, aby se její funkce blížila automatické klimatizaci a přitom byla zachována výhoda sníženého vlivu na výkon motoru. Řešení má být co nejjednodušší.

# 1 ANALÝZA MOŽNÝCH ŘEŠENÍ

Řídicí systém klimatizace lze realizovat digitálně, nebo analogově. V dnešní době je již výhodnější číslicový způsob.

Jedním z důležitých požadavků na řídicí systém je přesnost teplotního čidla a s tím spojené přesné spínání klimatizace. Přesně změřená teplota musí být správně porovnána s nastavenou hodnotou a následně dojde buď k zapnutí, nebo vypnutí klimatizačního okruhu. U analogového zapojení je přesnost funkce obvodu dána výběrem součástek. Skutečné hodnoty součástek se mohou lišit od katalogových údajů a může dojít k nepřesnostem. Proto je analogové zapojení méně přesné než digitální. Výhodou však je cena všech součástek, která je menší než u digitálního zapojení. Digitální řídicí systém umožňuje jednoduché a přesné nastavování žádané teploty. Mikroprocesor lze snadno propojit s displejem k zobrazení žádané, případně i naměřené teploty.

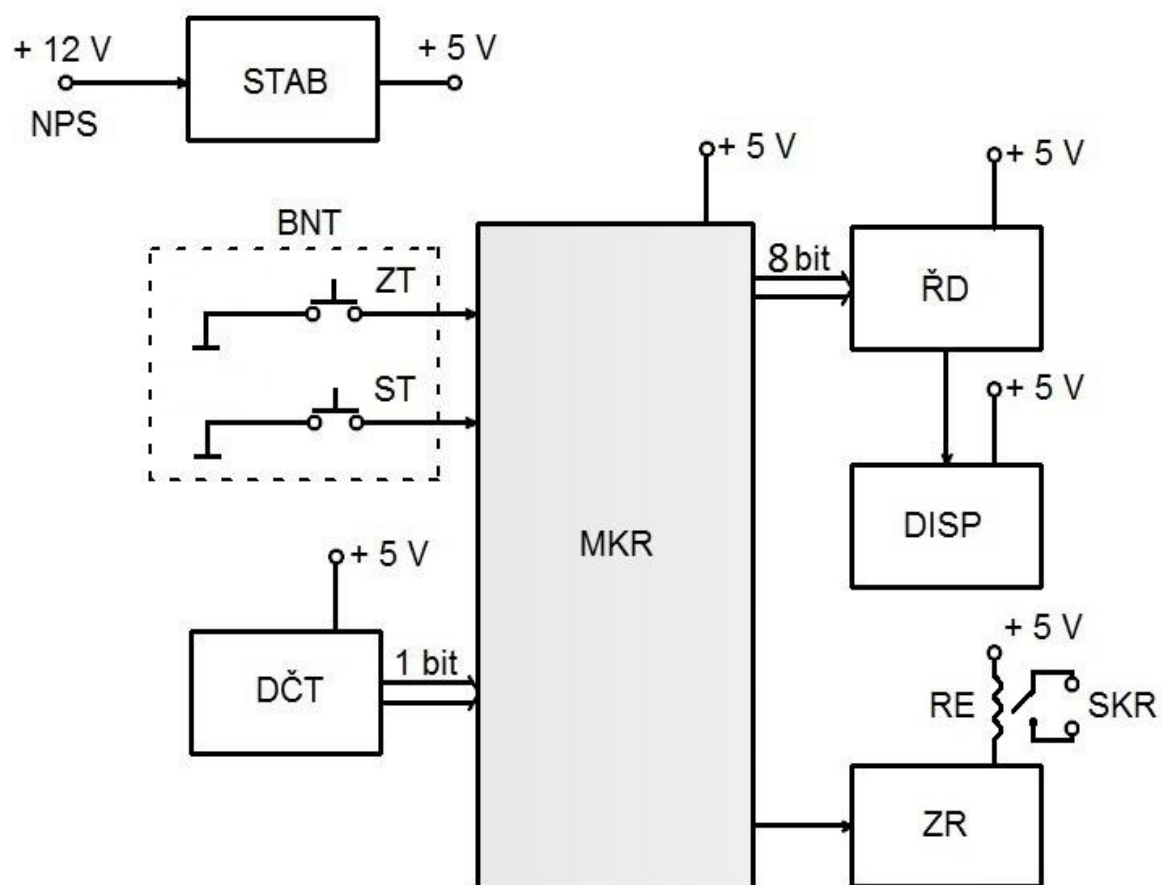
Velmi důležité je rovněž umístění teplotního čidla v automobilu. Čidlo by nemělo být v blízkosti přívodu teplého či studeného vzduchu, protože v této oblasti je při zapnuté klimatizaci teplota jiná než teplota v okolí sedadel. Vhodné umístění je mezi předními sedadly, nebo ve spodní části středního panelu palubní desky. Vzduch zde není příliš ovlivňován ventilátory. Existuje i dvou-zónová klimatizace, kdy si spolujezdec na předním sedadle může nastavit teplotu jinou, než má řidič. Zde je nutné použít dvě teplotní čidla, kde jedno bude u řidiče a druhé u spolujezdce. Zadání tohoto projektu však předpokládá co nejjednodušší řešení – tedy jedno-zónovou klimatizaci.

Na základě porovnání výhod a nevýhod, vlastností a komfortu obsluhy bylo rozhodnuto pro digitální řešení.

## **2 BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍDICÍHO SYSTÉMU**

V této části je popsáno detailní blokové schéma řídicího systému, popis funkce všech dílčích funkčních bloků a je zdůvodněn výběr hlavních aktivních součástí v jednotlivých blocích. Součástí této kapitoly je také rozbor vlivů jednotlivých dílčích funkčních bloků na funkci adaptoru manuální klimatizace.

## 2.1 Blokové schéma



Obr 1: Blokové schéma řídicího systému.

### Význam jednotlivých zkratk použitých v blokovém schéma:

<b>NPS</b>	napětí palubní sítě,
<b>STAB</b>	stabilizátor napětí,
<b>BNT</b>	blok nastavení teploty,
<b>ST</b>	tlačítko pro snižování požadované teploty,
<b>ZT</b>	tlačítko pro zvyšování požadované teploty,
<b>DČT</b>	digitální čidlo teploty,
<b>MKR</b>	mikroprocesor,
<b>ŘD</b>	řídící obvod displeje,
<b>DISP</b>	displej,
<b>ZR</b>	zesilovač pro relé,
<b>RE</b>	relé,
<b>SKR</b>	spínací kontakty relé.

## 2.2 Detailní popis funkce řídicího systému manuální klimatizace

Hlavním, řídicím prvkem je 8 - bitový mikroprocesor ATmega162. S jednotlivými bloky komunikuje pomocí vstupně/výstupních pinů. U každé pinu je možno volit požadovaný režim.

Vstupní veličinou je teplota, která je získána v bloku **DČT** z teplotního čidla SMT160-30. Na výstupu této součástky je signál s proměnnou střídou, která se mění v závislosti na teplotě. Mikroprocesorem se tento signál vzorkuje a přepočítává se na teplotu. Čím vyšší bude vzorkovací frekvence, tím vyšší bude přesnost měření. Naměřená teplota se zobrazí na displeji.

Nastavení požadované teploty je realizováno pomocí dvou tlačítek. Oba spínací prvky jsou připojeny k pinům mikroprocesoru a druhým kontaktem k zemi. Pokud mikroprocesor zaznamená logickou 0 na pinech, kde jsou tlačítka připojena, dojde buď ke zvyšování, nebo snižování požadované teploty podle stisknutého tlačítka. Při každém stisku se nastavovaná teplota změní o 1 °C. Držením stisknutého tlačítka se teplota mění každých 300 ms.

Mikroprocesor tuto nastavenou hodnotu vyšle ve formě BCD kódu na vstupy dekodéru pro sedmi segmentový displej. Na výstupu dekodéru bude kód, kterým se rozsvěčují, nebo zhasínají jednotlivé segmenty displeje a dojde k zobrazení hodnoty požadované teploty po dobu nastavování.

Naměřená teplota je v programu porovnávána s nastavenou. Pokud měřená teplota překročí požadovanou, dojde k sepnutí kontaktů relé. Tím by došlo k aktivaci klimatizace v automobilu. K rozepnutí kontaktů dojde při poklesu teploty o 1 °C pod nastavenou teplotu.

Mezi blokem **MKR** a **RE** je zapojen tranzistor jako spínač. Ke kolektoru je připojena cívka relé. Báze tranzistoru je připojena přes rezistor k pinu mikroprocesoru. Při logické 1 na tomto pinu poteče do báze malý proud, který otevře tranzistor, cívkou začne protékat proud a sepnou se kontakty relé. Ke kolektoru tranzistoru je připojena také LED dioda k signalizaci sepnutí kontaktů relé.

Napájení celého zařízení by mělo být stejnosměrných 12V, protože se předpokládá využití v automobilu. V přípravku je napětí automobilové sítě realizováno adaptérem 12 V. Následně se napětí stabilizátorem sníží na 5V potřebných pro napájení mikroprocesoru a ostatních bloků řídicího systému.

## 2.3 Výběr aktivních součástek jednotlivých bloků

### 2.3.1 Mikroprocesor

Mikroprocesory jsou v dnešní době hojně využívány v různých aplikacích. Na trhu existuje mnoho rozdílných mikroprocesorů. V současnosti jsou nejznámější koncepce typu RISC a CISC. Rozdíl mezi nimi je v instrukční sadě. Koncepce typu RISC má omezenou instrukční sadu, ale disponuje větším výkonem. Koncepce typu CISC je s úplnou instrukční sadou. Další rozdělení mikroprocesorů je podle délky slova. Dostupné jsou mikrokontroléry různých bitových velikostí. Pro aplikaci řídicího systému manuální klimatizace je plně dostačující 8-bitový. Mikroprocesory jsou realizovány v různém zapojení. Pro odeslání vytvořeného programu do mikroprocesoru se používá programovací obvod.

Výběr tohoto řídicího prvku je především ovlivněn dostupností programovacího obvodu. Dalším důležitým aspektem při výběru, je znalost programovacího jazyka použitelná pro určitý mikroprocesor. Blok **MKR** je osazen mikroprocesorem ATmega162 od firmy Atmel.

### 2.3.2 Blok nastavení teploty

Nastavení požadované teploty je možné provádět dvěma základními způsoby – pomocí otočného potenciometru, nebo pomocí tlačítek.

První zmíněná realizace není vhodná při použití mikroprocesoru. Bylo by nutné připojit k potenciometru A/D převodník. Tím by se zvýšily náklady a obvod by byl složitější.

Druhou a zároveň jednodušší realizací nastavování požadované teploty je využití tlačítek.

Na základě výše uvedených skutečností bylo rozhodnuto o provedení bloku **BNT** tlačítka. Je to jednodušší a levnější varianta. Blok se realizuje dvěma 1 - pólovými tlačítkovými spínači do panelu - P-PB11.

### 2.3.3 Stabilizátor napětí

Tento blok bude pracovat s napětím palubní sítě. K napájení všech elektrických zařízení ve vozidle je použita autobaterie. Ta má na výstupních svorkách stejnosměrné

napětí 12V. Skutečná hodnota není přesně 12V, ale kolísá v závislosti na nabití akumulátoru. Napájecí napětí přípravku je realizováno pomocí napájecího adaptéru 12V/500mA. Pro jednotlivé bloky je to příliš vysoká hodnota napětí a musí se snížit na stejnosměrných 5 V.

Požadované napětí lze nejjednodušším způsobem získat pomocí tří svorkového stabilizátoru napětí. To je integrovaný obvod, na jehož výstupních svorkách lze naměřit velikost napětí podle jeho typu. Jsou k dispozici i více svorkové stabilizátory, které jsou však pro tuto aplikaci zbytečné. Tří svorkové se dělí na kladné, záporné, s pevným výstupním napětím a plovoucí stabilizátory. Mikroprocesor a ostatní bloky potřebují ke svému napájení kladné napětí. Z tohoto důvodu záporné stabilizátory nemají smysl uvažovat. Plovoucí stabilizátory také nejsou vhodné, protože jsou určeny pro výstupní napětí větší než 40V. Vyhovující jsou kladné stabilizátory s pevným výstupním napětím. Použití těchto stabilizátorů v napájecím obvodu je jednoduché a vyznačuje se nízkou cenou.

Po uvážení požadavků na napájecí obvod a z důvodů jednoduchosti zapojení je vybrán stabilizátor 7805. Na jeho výstupních svorkách je stejnosměrné napětí 5V a proudová zatížitelnost je maximálně 1A. Stabilizátor musí být ještě doplněn ochrannými prvky. Tato problematika je rozebrána v jiné kapitole.

### **2.3.4 Řídicí obvod displeje**

Aby se požadovaná teplota mohla zobrazit na displeji, je potřeba komunikace mezi displejem a mikroprocesorem. Nabízí se dvě základní zapojení zobrazovacího prvku s mikrokontrolérem. Displej s ním může být propojen přímo, nebo přes dekodér. Obě varianty se od sebe liší tvarem kódu odeslaného na port pro řízení sedmi segmentového displeje a způsobem propojení displeje s mikroprocesorem.

Přímé propojení vyžaduje připojit vývody všech segmentů k portům mikroprocesoru. To by při použití 2 – místného displeje vyžadovalo velký počet volných pinů.

Další možnost je použít dekodér BCD kódu na sedmi segmentový. Jedná se o logický obvod, který pomocí 4 vstupních pinů řídí 7 výstupních. Po přivedení BCD kódu na vstupní piny dekodéru dojde k rozsvícení, nebo zhasnutí jednotlivých segmentů a zobrazí se příslušné číslo.

Vzhledem k potřebě velkého počtu pinů je první zmíněná možnost připojení zamítnuta. Pro řízení displeje je použit dekodér 74LS47, který patří mezi nejpoužívanější.

### **2.3.5 Displej**

Nastavovaná a měřená teplota bude zobrazena pomocí displeje. Nabízí se výběr mezi LCD a LED zobrazovací jednotkou.

LCD displeje jsou mladší zobrazovací jednotky. Jejich základní prvek tvoří kapalné krystaly, ze kterých jsou vytvořeny jednotlivé segmenty. Krystaly se chovají jako opticky čiré prostředí, dokud na ně nezačne působit elektrické pole. Působením elektrického pole se zhorší jejich propustnost světla a ztmavnou. Výhodou těchto displejů je spotřeba jednotlivých segmentů, která je podstatně nižší než u LED



zobrazovačů. Nevýhodou je jejich pořizovací cena.

LED displeje jsou přehledné a dobře čitelné. Je možné vybrat mezi maticovým a sedmi segmentovým provedením. Pro zobrazování číselných hodnot jsou vhodné sedmi segmentové displeje. Segmenty tvoří diody ve tvaru proužku. Mohou být zapojeny se společnou katodou nebo anodou. Jejich nevýhoda je vyšší spotřeba.

Protože se na displeji bude zobrazovat pouze dvoumístná číselná hodnota, je použití LCD displeje zbytečné. Z toho důvodu je zvolen červeně svítivý 2 - místný sedmi segmentový LED displej.

### 2.3.6 Digitální čidlo teploty

Měření teploty se nejčastěji provádí pomocí dotykových teplotních senzorů. Ty se dělí na dilatační, speciální a nejpoužívanější - elektrické.

Hlavním zástupcem elektrických senzorů jsou odporová polovodičová čidla. Je to levná a jednoduchá varianta měření teploty. Funkce je založena na změně hodnoty odporu v závislosti na teplotě. Existují 2 základní typy – pozistory a negastory. Pozistory se vyznačují kladným teplotním součinitelem odporu. To znamená, že se stoupající teplotou stoupá i odpor. Negastory mají záporný teplotní součinitel odporu. Jejich odpor s přirůstající teplotou klesá. Využití těchto čidel není vhodné při realizaci s mikroprocesorem.

Mezi elektrická dotyková teplotní čidla se také řadí termoelektrické senzory. Ty jsou založeny na principu Seebeckova jevu, kdy se převádí tepelná energie na elektrickou. Jsou tvořeny dvěma vodiči, nebo polovodiči různého materiálu. Tyto senzory také nejsou vhodné pro tuto práci.

Další skupinou jsou integrovaná teplotní čidla. Ty v sobě zahrnují i další obvody pro převod teploty na napětí, frekvenci, nebo změnu střidy. Realizace těchto typů senzorů je často jednodušší, protože nevyžadují připojení dalších součástek ke svému obvodu.

Při výběru teplotního čidla je nutno brát v úvahu jeho přesnost, rozsah měřící teploty a tvar výstupní veličiny. V případě digitální realizace, mikroprocesor bude pracovat s digitální formou signálu a je proto vhodné použít čidlo s číslicovým výstupem. Při použití analogového teplotního čidla, lze získat vstupní číslicový signál pro mikroprocesor pomocí A/D převodníku. To vyžaduje složitější obvodové zapojení. Z výše uvedených typů teplotních čidel, nejvíce vyhovuje integrované teplotní čidlo s vhodným tvarem výstupní veličiny pro zpracování mikroprocesorem. Z nabídky těchto čidel je vybrán senzor SMT160-30. Vyznačuje se relativně dobrou přesností a poměrně nízkou pořizovací cenou. Výstupní signál má tvar impulsní šířkové modulace.

### 2.3.7 Relé

Při výběru relé se nabízí možnost mezi dvěma základními typy – elektromagnetická a solit state relé.

U elektromagnetického relé je spínač ovládán elektromagneticky. Jejich výhodou je možnost spínání větších proudů. Po průchodu ovládacího proudu cívkou se cívka zmagnetizuje a kontakty se sepnou. Speciální druh elektromagnetických relé jsou

autorelé. Ty jsou přizpůsobeny pro aplikaci v automobilu, ale jsou dražší než obyčejná elektromagnetická relé.

Druhým typem relé jsou solit state relé. Ty jsou realizovány bezkontaktně. Neobsahují žádné pohyblivé části, a proto nehrozí jejich opotřebování častým spínáním. Jako spínací prvek se nejčastěji používá triak. Rychlost spínání je obvykle rychlejší, než u elektromagnetických relé.

V automobilu by relé při spínání klimatizačního okruhu spínalo proud řádu jednotek ampér, je potřeba vybrat relé pro spínání větších proudů. Osazení tohoto bloku je realizováno elektromagnetickým relé FTR-F3, které může spínat velikost proudu až 5 A.

### 2.3.8 Tranzistor v zapojení jako spínač

Porty mikroprocesoru jsou schopny do obvodu dodávat maximální hodnotu proudu přibližně 40 mA. Přesně takovou hodnotu je nutno dodat cívce aby došlo k sepnutí kontaktů relé FTR-F3. Jelikož je hodnota 40 mA maximální pro porty mikroprocesoru, není jisté, zda velikost nebude nižší. Proto bude použit vhodně zapojený tranzistor, který se pomocí mikroprocesoru sepne a bude jím procházet potřebný proud k sepnutí cívky.

Pro osazení tohoto bloku je vybrán tranzistor typu NPN BC337-40.

## 2.4 Rozbor faktorů a vlivů jednotlivých bloků ovlivňujících správnou funkci řídicího obvodu.

Bloky jako relé, tlačítka k nastavení teploty, displej a jeho řídicí obvod neovlivňují zásadně funkci řídicího systému a nebude jejich vliv brán v úvahu.

### 2.4.1 Vliv teplotního čidla

Teplotní čidlo ovlivňuje funkci obvodu tím, jak přesně dokáže změřit teplotu. Přesnost je závislá na rozsahu teplot, ve kterém je čidlo používáno.

Senzor SMT160-30 má pro teplotní rozsah – 45 až +130 °C chybu přibližně 1,14%.

$$\delta_{-45 \div +130^{\circ}C} = \frac{\Delta T}{T} \cdot 100 = \frac{2}{175} \cdot 100 = 1,14\% , \quad (1)$$

kde značí

$\Delta T$ ... odchylku teploty [°C]

$T$ ... teplotní rozsah [°C]

$\delta_{-45 \div +130^{\circ}C}$ ... relativní chybu [%].

Uvažování chyby v tomto rozsahu je zbytečné. Měřená teplota se bude přibližně pohybovat od hodnoty 10 do 40 °C. Může se tedy zohledňovat chyba na rozsahu od -30 až +100 °C. Ta je udávaná výrobcem a její hodnota je 1,2 °C. V procentech je to 0,92%.

$$\delta_{-30 \div 100^{\circ}\text{C}} = \frac{\Delta T}{T} \cdot 100 = \frac{1,2}{130} \cdot 100 = 0,92\% . \quad (2)$$

## 2.4.2 Vliv mikroprocesoru

Správnou funkci systému bude také ovlivňovat vzorkování signálu teplotního čidla mikroprocesorem. Pro příklad se bude uvažovat nejnižší možná hodnota frekvence teplotního senzoru 1 kHz a doba měření bude přibližně 100 ms. Pro tento předpoklad bude velikost relativní chyby přibližně  $\delta_{\text{vzorkování}} = 1\%$ . Hodnota je převzata z literatury [4]. Chyba se dá například eliminovat vyšší frekvencí teplotního čidla.

## 2.4.3 Vliv napájecího zdroje

Napájecí napětí obvodu je stabilizováno obvodem 7805. Ten má relativní chybu výstupního napětí přibližně 1 %.

$$\delta_{7805} = \frac{\Delta U_{OUT}}{U_{OUT}} \cdot 100 = \frac{0,05}{5} \cdot 100 = 1\% , \quad (3)$$

kde značí

$\Delta U_{OUT}$ ... odchylku výstupního napětí [V]

$U_{OUT}$ ... výstupní napětí [V].

Hodnota  $\Delta U_{OUT}$  je pro rozsah vstupního napětí stabilizátoru od 7 do 25 V. V datasheetu této součástky je uvedena i hodnota pro rozsah od 8 do 12 V. Tento rozsah však není dobré uvažovat, protože se na svorkách automobilu může vyskytnout napětí přesahující 12 V. Velikost  $\Delta U_{OUT}$  v rozpětí 8 ÷ 12 V je 0,025 V.

## 2.4.4 Shrnutí všech vlivů

Celková relativní chyba systému řízení se vypočítá podle vztahu (4). Ten platí za předpokladu, že dílčí relativní chyby jsou vzájemně nekorelovány.

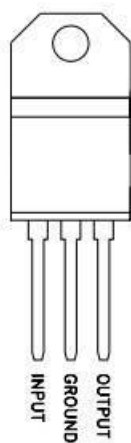
$$\delta_{\text{Celková}} = \sqrt{\delta_{-30 \div 100^{\circ}\text{C}}^2 + \delta_{\text{vzorkování}}^2 + \delta_{7805}^2} = \sqrt{0,8464 + 1 + 1} = 1,69\% . \quad (4)$$

## 3 NÁVRH BLOKŮ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

### 3.1 Stabilizátor 7805

Napětí napájecího adaptéru 12 V je stabilizováno pomocí stabilizátoru 7805 od firmy STMicroelectronics na 5V. Takové napětí je přijatelné pro všechny bloky řídicího systému.

Stabilizátory 78xx mají na výstupních svorkách napětí kladné vůči zemi. Naproti tomu 79xx mají napětí záporné. Číslo na místě xx značí jaké je napětí na výstupu stabilizátoru. Stabilizátory řady 78xx jsou dostupné v provedení TO – 220, TO – 220FP, TO – 22FM, TO – 3 a D<sup>2</sup>PAK. Pro tuto práci je zvoleno pouzdro TO – 220. Tento typ obsahuje tři vývody – vstupní napětí, zem, výstupní napětí. Na obrázku (Obr 2) je pohled na pouzdro. Zadní plocha pouzdra je kovová a je v ní kruhový otvor pro případné přichycení k chladiči.



Obr 2: Pouzdro TO-220 stabilizátoru 7805, převzato z literatury[8].

Stabilizátor obsahuje proudovou ochranu na 1 A. V tabulce (Tab 1) jsou základní parametry stabilizátoru 7805. Hodnoty v tabulce jsou převzaty z literatury [8].

Tab 1: Tabulka základních parametrů stabilizátoru 7805.

Symbol	Parametr	Min.	Max.	Jednotka
$U_I$	Vstupní napětí	8	35	V
$I_O$	Maximální výstupní proud		1	A
$T_{OP}$	Pracovní teplota	-55	150	°C
$U_O$	Výstupní napětí	5		V
$\Delta U_O$	Tolerance výstupního napětí ( $U_I = 7 \div 25V$ , $T_J = 25^\circ C$ )		50	mV

### 3.1.1 Obvodový návrh napájecího obvodu

Stabilizátor 7805 je nutné osadit ještě součástkami, aby nedocházelo k nežádoucím jevům. Ke vstupním a výstupním vývodům se připojují blokovací keramické kondenzátory. Požadavek je nízká parazitní indukčnost, a proto se volí keramické. Jejich doporučené hodnoty jsou určeny výrobcem a jsou převzaty z literatury[8]. U vstupní svorky je kondenzátor  $C_1$  o velikosti 330 nF a u výstupní je kondenzátor  $C_2$  s hodnotou 100 nF. Jejich umístění je vhodné co nejbližší ke svorkám stabilizátoru. Dále se připojuje před  $C_1$  filtrační elektrolytický kondenzátor. Ten musí být vybrán s ohledem na to, jaké bude napětí na jeho elektrodách. Toto napětí nesmí překročit povolenou hodnotu pro daný kondenzátor. Dále je nutné dodržet jeho polaritu při zapojování do obvodu. Velikost kapacity kondenzátoru se vypočítá podle vztahu (5), převzatého z literatury [5].

$$C_F = \frac{300 \cdot I_{MAX}}{p \cdot U_I} = \frac{300 \cdot 500}{10 \cdot 12} = 1250 \mu F, \quad (5)$$

kde značí

$C_F$  ... hodnotu filtračního kondenzátoru [ $\mu F$ ]

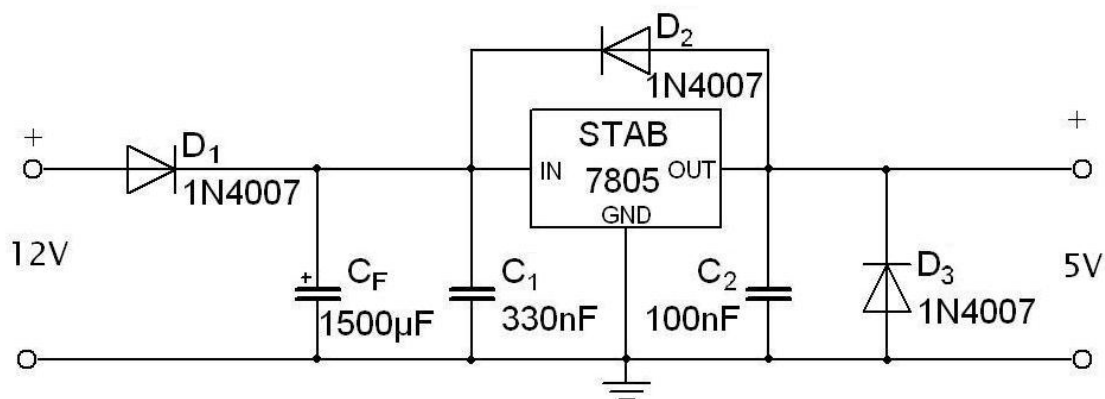
$I_{MAX}$  ... maximální odebíraný proud [mA]

$p$  ... hodnotu zvlnění napětí na vstupních svorkách stabilizátoru [%]

$U_I$  ... vstupní napětí na stabilizátoru [V].

Obvod je osazen nejbližší vyšší hodnotou kondenzátoru, která je 1500 $\mu F$ .

Napájecí obvod je dobré chránit proti zkratu na vstupu a výstupu a proti přepolarizování vstupního napětí. To se provádí pomocí třech diod typu 1N4007. Zapojení kompletního napájecího obvodu i s výše popsány ochranami, je na obrázku (Obr 3).



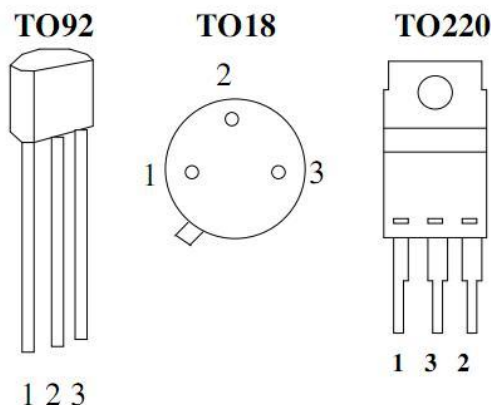
Obr 3: Kompletní zapojení stabilizátoru i s ochrannými prvky.

Dioda  $D_1$  chrání obvod při přepolarizování vstupního napětí. Jako ochrana při zkratu na vstupních svorkách je do obvodu zapojenu  $D_2$  a proti zkratu na výstupu je použita dioda  $D_3$ .

Dále je potřeba uvážit chlazení stabilizátoru při odběru většího proudu. Celkový odběr všech součástek nepřekročí hodnotu 0,35 A. Stabilizátor je opatřen hliníkovým chladičem o rozměrech 40x15x17 mm.

### 3.2 Teplotní čidlo SMT160-30

K měření teploty je použito integrované teplotní čidlo SMT160-30 od firmy Smartec. Je vyrobeno na křemíkovém substrátu. Jeho výstupní signál je obdélníkového tvaru a má přesně definovanou závislost střídy impulsního signálu na teplotě. Pro přepočet tohoto průběhu na výslednou změřenou teplotu není nutno požit analogově číslicový převodník a lze součástku připojit přímo k libovolnému vstupu mikroprocesoru. Senzor je dostupný v několika pouzdrech - TO18, TO92, TO220. Přehled pouzder je uveden na obrázku (Obr 4), který je převzatý z literatury [7]. V této práci bude použit typ TO92.



Obr 4: Přehled pouzder SMT160-30.

**Označení jednotlivých pinů:**

	TO92	TO18	TO220
+V	pin 2	pin 2	pin 2
GND	pin 3	pin 3	pin 3
Output	pin 1	pin 1	pin 1

*Vlastnosti čidla:*

Jednou z výhod senzoru je, že není nutné obvod kalibrovat. Senzor je kalibrován již při výrobě. SMT160-30 je v podstatě bipolární senzor teploty s elektronickými obvody, které převádí signál senzoru na impulsní šířkovou modulaci. Předností je také možnost měřit teplotu na větší vzdálenost. K čidlu lze připojit kabel dlouhý až 20 m. Pracovní rozsah teplot je od  $-45 \div 130$  °C. Senzor se vyznačuje malou spotřebou, která není větší než 1 mW. Jeho využití je především v průmyslu, v domácích spotřebičích, v klimatizacích i v různých systémech vytápění. Pro přehled základních parametrů SMT160-30 je zde tabulka (Tab 2). Její hodnoty jsou převzaty literatury [7].

Tab 2: Tabulka základních parametrů teplotního čidla SMT160-30.

Parametr	Hodnota		Jednotka
	Min	Max	
Napájecí napětí	4,75	5	V
Odebíraný proud	160	200	μA
Rozsah pracovních teplot	-45	130	°C
Výstupní frekvence	1	4	kHz
Přesnost ( $-45 \div 130$ °C)		2	°C
Přesnost ( $-30 \div 100$ °C)		1,2	°C
Dlouhodobý drift		0,05	
Nelinearita		0,4	°C
Šum		0,005	°C

*Definice některých parametrů:***Přesnost:**

Přesnost je odchylka od závislosti, kterou popisuje rovnice (7) převzatá z literatury [7]. S teplotami nad 100 °C, přesnost prudce klesá.

### Dlouhodobý drift:

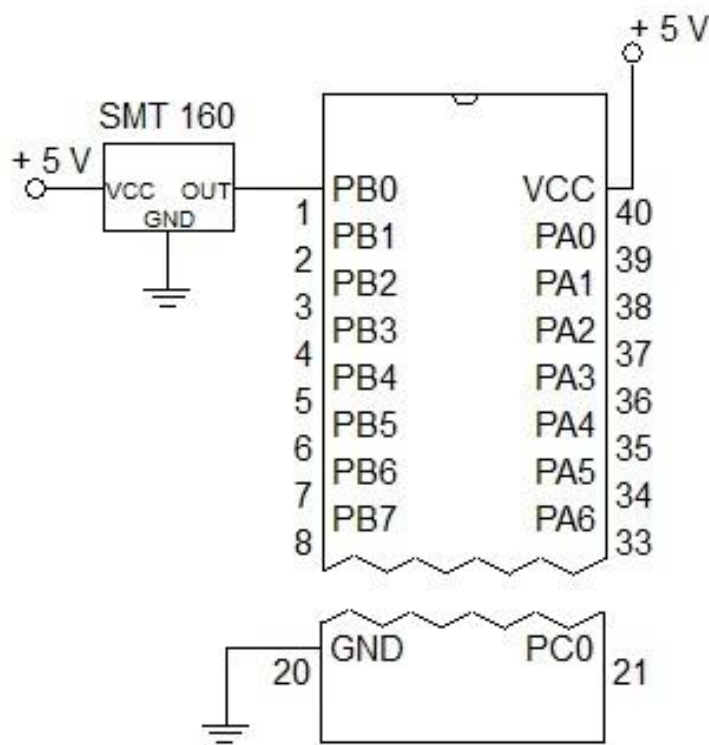
Je závislý na pracovních podmínkách. Zejména při vysokých teplotách dochází k jeho zvýšení. Při pokojové teplotě je nízký a dosahuje maximálně 0,05 °C. Při teplotách nad 100 °C, bude dosahovat hodnoty < 0,1 °C. Dlouhodobý drift je částečně nevratný děj. Může způsobit změny parametrů teplotního čidla.

### Nelinearita:

Nelinearita je definována jako odchylka od vypočtené regresní přímky z dat naměřených v rozsahu teplot -30÷100 °C. V tomto rozpětí teplot je nelinearita < 0,4°C.

*Připojení teplotního čidla k mikroprocesoru a napájecímu obvodu:*

Na obrázku (Obr 5) je ukázáno připojení SMT160-30 k napájecímu obvodu a k mikroprocesoru. Pro ilustraci je v obrázku (Obr 5) připojen senzor k prvnímu pinu na portu B.



Obr 5: Připojení teplotního čidla k mikroprocesoru.

### 3.2.1 Měření a výpočet teploty

Jak již bylo zmíněno, výstupní signál čidla SMT160-30 má podobu impulsně šířkově modulovaného signálu. Po přivedení na pin mikroprocesoru se tento signál začne vzorkovat. Přesnost se zvyšuje vzorkováním více než jedné periody signálu. Při



vzorkování se počítá doba signálu ve vysoké a nízké úrovni. Po vzorkování je potřeba určit střidu signálu. Střida je poměr doby kdy je signál v logické 1 k součtu doby signálu v log 1 a v log 0. Měřená hodnota střidy se vypočte použitím vzorce (6).

$$D.C. = \frac{T_1}{T_1 + T_0}, \quad (6)$$

kde značí

$D.C.$  ... střidu signálu [-]

$T_1$ ... dobu signálu v logické 1 [s]

$T_0$ ... dobu signálu v logické 0 [s].

Po zjištění hodnoty střidy se vypočte teplota ze vzorce (8), jehož základní podoba je ukázána ve vzorci (7) převzatého z literatury [7].

$$D.C. = 0,32 + 0,0047 \cdot t, \quad (7)$$

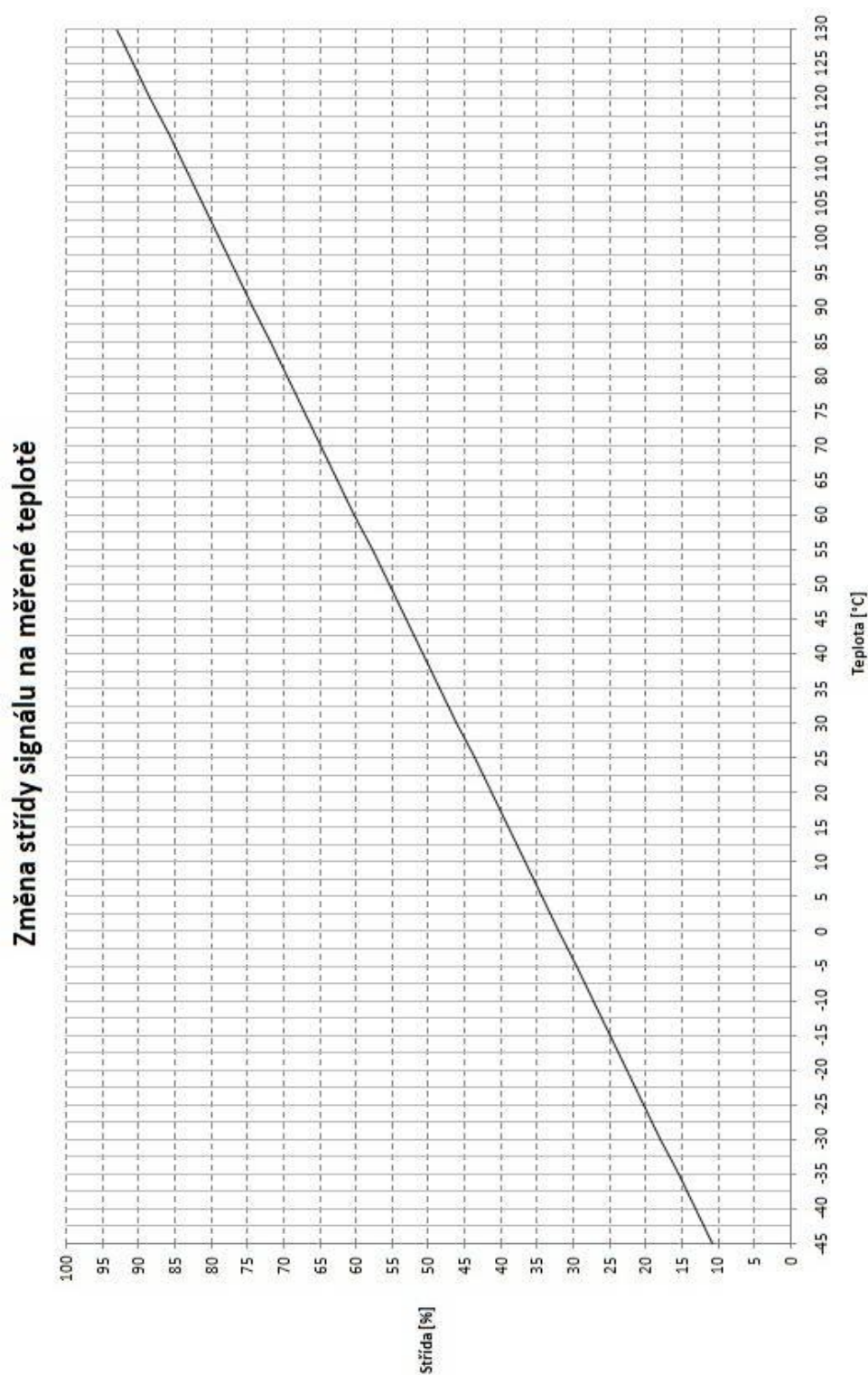
$$t = \frac{D.C. - 0,32}{0,0047}, \quad (8)$$

kde značí

$t$ ... teplotu [°C].

### 3.2.2 Počítačová simulace

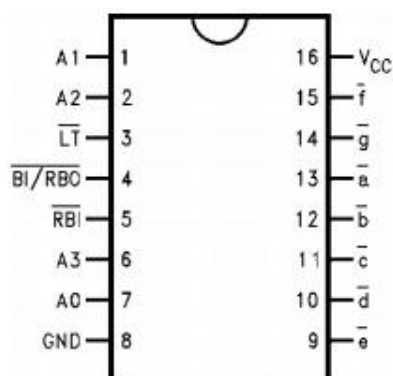
Pro představu jak se mění střída s teplotou, slouží obrázek (Obr 6). Závislost je znázorněna pro napájecí napětí teplotního čidla 5 V.



Obr 6: Změna střidy signálu na měřené teplotě.

### 3.3 Dekodér 74LS47

Dekodér 74LS47 převádí kód BCD na 7 segmentový a jeho pouzdro je vidět na obrázku (Obr 7) z literatury [9]. Obsahuje 14 pinů. Výstupní piny jsou aktivní na logickou 0 a označují se písmeny souhlasnými s označením jednotlivých segmentů displeje. Tito výstupní vývody jsou řízeny čtyřmi vstupy, které se připojují k portům mikroprocesoru. Jsou označeny A0, A1, A2 a A3, kde A0 je nejméně významný bit a A3 nevýznamnější bit. Pro přehled je zde pravdivostní tabulka (Tab 3), kde je vidět převod BCD kódu na 7 segmentový. Pin s číslem 16 slouží k napájení obvodu a na pinu 8 je zem. Napájecí napětí je stejnosměrných 5 V. Vstup s označením LT je využíván k aktivaci všech výstupů. Pokud je k nim připojen sedmi segmentový displej a k pinu LT je přivedena logická 0, dojde k rozsvícení všech segmentů. To je vhodné pro zjištění jejich správné funkce. Pin s označením RBI slouží k potlačení nevýznamných nul, které vznikají při zobrazení čísla vícemístným displejem. Jejich potlačením se především sníží spotřeba elektrické energie a zvýší se přehlednost zobrazovaného údaje. Pin BI/RBI slouží k potlačení nevýznamných nul, vhodným spojením se vstupem RBI při použití více dekodérů.



Obr 7: Pouzdro dekodéru 74LS47.

Tab 3: Pravdivostní tabulka.

	A3	A2	A1	A0	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	$\bar{d}$	$\bar{e}$	$\bar{f}$	$\bar{g}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
11	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
13	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
14	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### 3.4 Sedmi segmentový LED displej

K zobrazení požadované teploty je použit dvou místný, sedmi segmentový LED displej se společnou anodou. Při použití displeje se společnou katodou by se musely výstupy dekodéru invertovat, protože jsou aktivní v logické nule. To by vedlo ke zvýšení složitosti obvod.

#### 3.4.1 Obvodový návrh sedmi segmentového displeje

Anody všech diod jednoho znaku jsou paralelně spojeny a připojeny k napájecímu napětí 5V. Jednotlivé katody jsou vedeny přes rezistory do výstupů dekodéru 7447. Hodnoty rezistorů musí být navrženy tak, aby proud tekoucí segmenty, nepřekročil maximální dovolenou hodnotu. Vyšší hodnotou proudu, než je maximální dovolená, by došlo k zničení segmentu. Pro zvolený displej k této bakalářské práci je maximální dovolená hodnota proudu segmentem 30 mA a napětí na jednom segmentu je přibližně 1,9 V podle [10]. Z těchto údajů lze pomocí ohmova zákona vypočítat hodnotu rezistorů.

$$R_{1-14} = \frac{U}{I} = \frac{U_{cc} - U_f}{I_f} = \frac{5 - 1,9}{0,01} = 310\Omega, \quad (9)$$

kde značí

$R_{1-14}$ ... rezistory omezující proud segmentem [ $\Omega$ ]

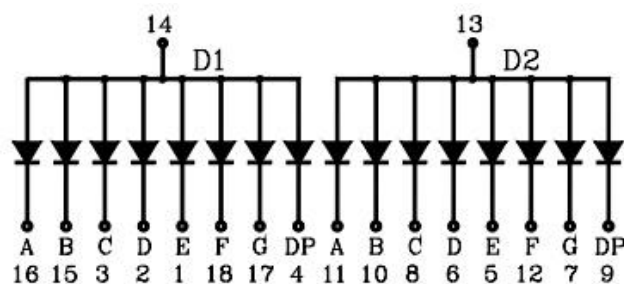
$U_{CC}$ ... napájecí napětí [V]

$U_f$ ... napětí na segmentu [V]

$I_f$ ... proud segmentem [A].

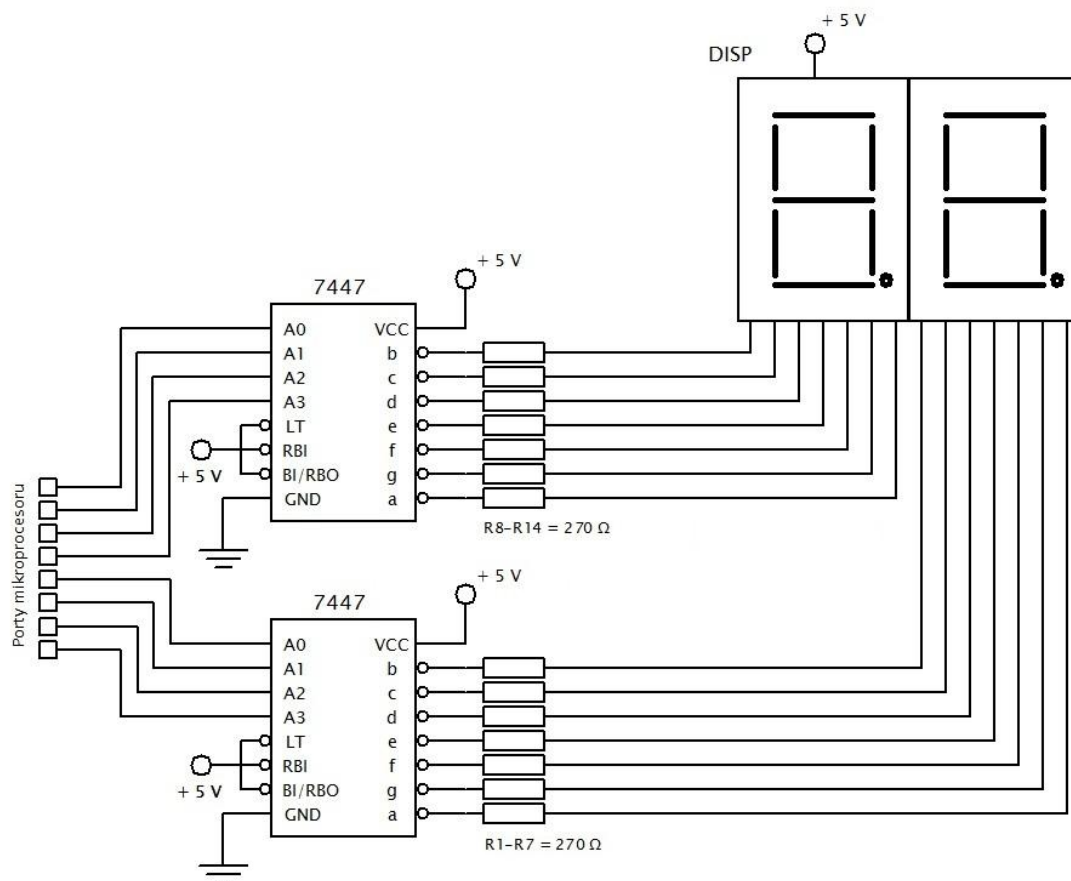
Displej také obsahuje dvě desetinné tečky na pravé straně za každým znakem. Vývody katod diod, představující tyto desetinné tečky, zůstanou nezapojeny, protože nebudou využívány.

Na obrázku (Obr 8) převzatého z literatury [10] je vidět vnitřní zapojení displeje s čísly vývodů a označením jednotlivých segmentů.



Obr 8: Vnitřní zapojení displeje.

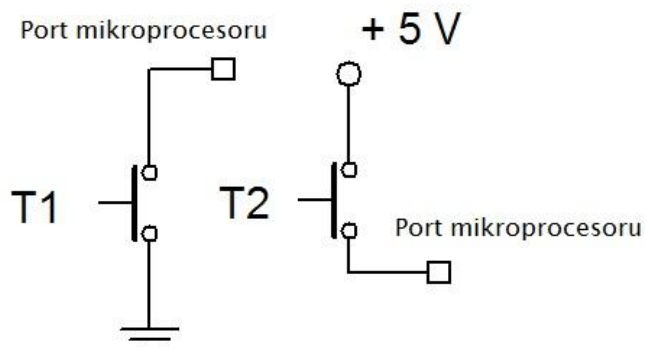
Celkové zapojení displeje s dekodéry je na obrázku (Obr 9). Vypočtená hodnota rezistorů  $310\Omega$  je nahrazena blízkou normovanou hodnotou  $270\Omega$ .



Obr 9: Schéma zapojení displeje a dekodérů.

### 3.5 Tlačítka

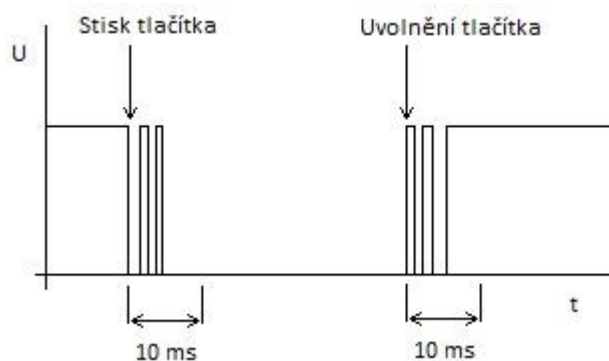
K nastavování teploty jsou použita dvě tlačítka. K mikroprocesoru je lze zapojit dvojím způsobem. Buď bude na vstupu mikroprocesoru při rozepnutém stavu logická 1 a po sepnutí tlačítka logická 0, nebo při rozepnutém stavu bude na vstupu logická 0 a při sepnutém logická 1. Oba způsoby připojení jsou ukázány na obrázku (Obr 10).



Obr 10: Připojení tlačítek k mikroprocesoru.

V této práci je připojení tlačítka realizováno pomocí prvního způsobu.

Při stisku a uvolnění mechanického spínacího prvku, dochází k několika odskočením kontaktu. Tím vznikají nechtěné zátky v rámci několika milisekund (Obr 11). Lze je ošetřit softwarově. Spočívá to ve volání krátkého zpoždění v řádu desítek milisekund při stisku a uvolnění tlačítka.



Obr 11: Průběh zátků tlačítka v čase.

## 3.6 Relé

Tento blok je osazen elektromagnetickým relé – FTR-F3, jehož cívka je navržena na napětí 5 V a její odpor je  $125 \Omega$ . Pro zmagnetizování cívky potřebuje proud o velikosti 40 mA. Spínací kontakt relé je schopen spínat proud maximálně 5 A.

### 3.6.1 Obvodový návrh bloku relé s tranzistorem

Ke správné funkci relé je použit bipolární NPN tranzistor BC337-40 v zapojení jako spínač. Maximální proud kolektorem je u tohoto prvku 500 mA a proudový zesilovací činitel dosahuje hodnot od 250 do 630. Báze tranzistoru bude zapojena k portu mikroprocesoru, cívka relé ke kolektoru a emitor bude uzemněn. Tranzistor je otevírán pomocí proudu báze. Ten se nastaví rezistorem  $R_{17}$ , který je zapojen mezi port a bázi. Jeho velikost se vypočítá jako podíl napětí na rezistoru a proudu báze (12). Napětí se určí podle vzorce (10) jako rozdíl napětí na výstupu mikroprocesoru a napětí mezi bází a emitorem, které se pohybuje okolo 0,7 V. Proud báze pro otevření tranzistoru se vypočítá podle vzorce (11) a zpravidla se volí velikost 5 krát vyšší. Hodnota proudového zesilovacího činitele se volí nejmenší udávaná výrobcem, která je 250 v případě tranzistoru BC337-40.

$$U_{R17} = U_{cc} - U_{BE} = 5 - 0,7 = 4,3V, \quad (10)$$

kde značí

$U_{R17}$ ... napětí na rezistoru  $R_{17}$  [V]

$U_{BE}$ ... napětí báze-emitor [V].

$$I_b = \left(\frac{I_c}{h_{21E}}\right) \cdot 5 = \left(\frac{0,04}{250}\right) \cdot 5 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ A}, \quad (11)$$

kde značí

$I_b$ ... proud báze [A]

$I_c$ ... proud kolektorem [A]

$h_{21E}$ ... proudový zesilovací činitel [-].

$$R_{17} = \frac{U_{R17}}{I_b} = \frac{4,3}{8 \cdot 10^{-4}} = 5375 \Omega, \quad (12)$$

kde značí

$R_{17}$ ... rezistor báze [ $\Omega$ ].

Při vypnutí proudu cívkou relé, dochází k prudkému přepět'ovému impulsu. Tento impuls může zničit tranzistor, pokud jeho hodnota přesáhne dielektrickou pevnost tranzistoru. Jako ochrana proti tomuto jevu se připojuje paralelně k cívce dioda.

Ke kontrole sepnutí kontaktů relé je použita červeně svítivá LED dioda. K ní je sériově připojen rezistor pro nastavení proudu potřebného k rozsvícení diody. Maximální hodnota je podle datasheetu [11] 30 mA. Rezistor je navržen na proud 20 mA. Úbytek napětí na diodě je v propustném směru podle [11] 1,8 V. Ze vzorce (13) se vypočítá hodnota tohoto pomocného rezistoru.

$$R_{18} = \frac{U_{R18}}{I_{D5}} = \frac{U_{NPS} - U_{D5}}{I_{D5}} = \frac{12 - 1,8}{0,02} = 510 \Omega, \quad (13)$$

kde značí

$R_{18}$ ... rezistor pro nastavení proudu LED diodou [ $\Omega$ ]

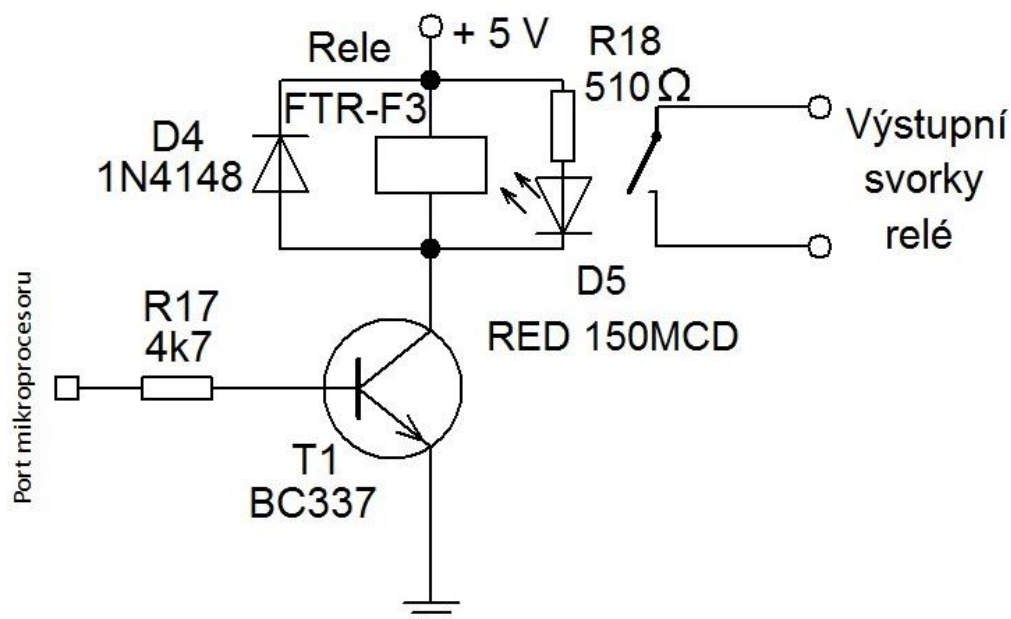
$U_{NPS}$ ... napětí palubní sítě [V]

$U_{D5}$ ... napětí v propustném směru na LED diodě [V]

$I_{D5}$ ... proud diodou v propustném směru [A].

Celkové zapojení relé s tranzistorem je vidět na obrázku (Obr 12).

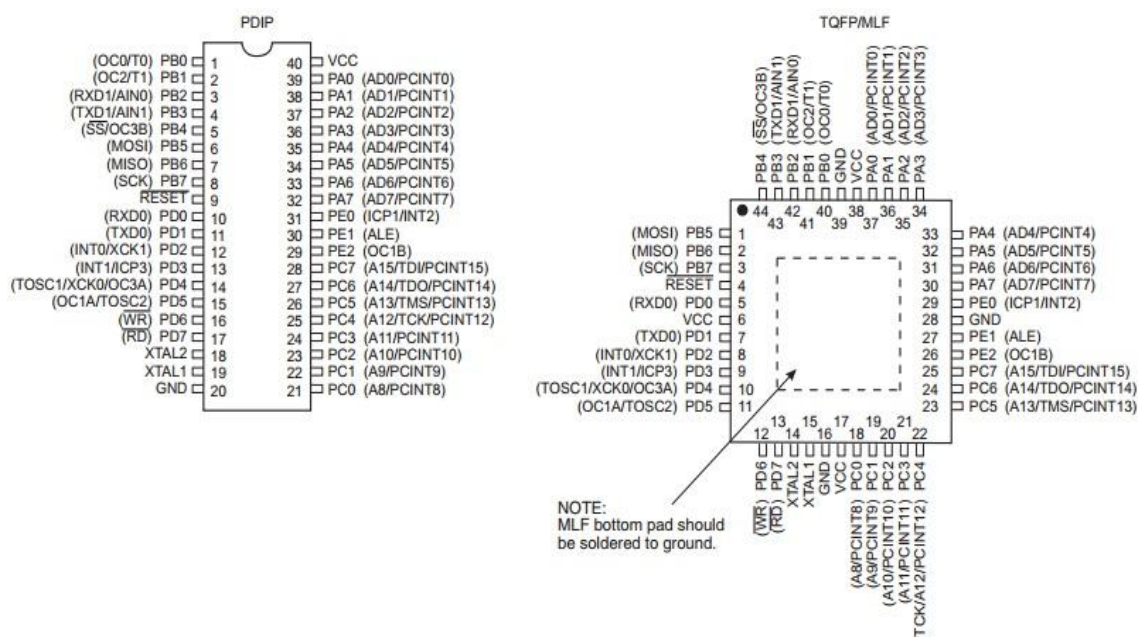




Obr 12: Zapojení relé s tranzistorem.

### 3.7 Mikroprocesor ATmega162

ATmega162 je nízko příkonový 8 – bitový mikroprocesor. Je dostupný v provedení PID a SMD v pouzdře TQFP. Oba typy jsou uvedeny na obrázku (Obr 13) z literatury[12]. Mikroprocesor je schopen pracovat s maximálním hodinovým kmitočtem 16 MHz. Obsahuje 32 registrů, které jsou přímo propojeny s ALU (Arithmetic Logic Unit). S okolím je mikroprocesor schopen komunikovat pomocí 35 vstupně/výstupních linek, které jsou v pěti portech PA÷PE. Každý bit portu tedy může mít vstupní (Pinx.y) nebo výstupní funkci (PORTx.y). Všem vstupním bitům můžeme zapnout nebo vypnout PULL-UP rezistor. Mikroprocesor dále obsahuje dva osmibitové čítače/časovače, dva šestnáctibitové čítače/časovače, dva sériové kanály a analogový komparátor.

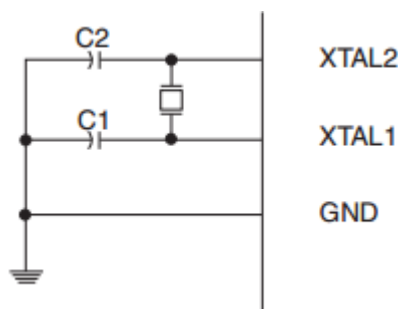


Obr 13: Pouzdra mikroprocesoru ATmega162.

### Připojení vnějšího krystalu:

Krystal slouží v elektronických obvodech jako rezonátor s přesnou a stabilní frekvencí.

Pro připojení krystalu k mikroprocesoru, slouží piny XTAL1 a XTAL2. Jeho maximální frekvence může být 16 MHz. Obrázek (Obr 14) ukazuje připojení krystalu k mikroprocesoru. Hodnoty kondenzátoru se volí 12÷22 pF.



Obr 14: Připojení krystalu k mikroprocesoru převzato z literatury[12].

### *Resetovací systém mikroprocesoru:*

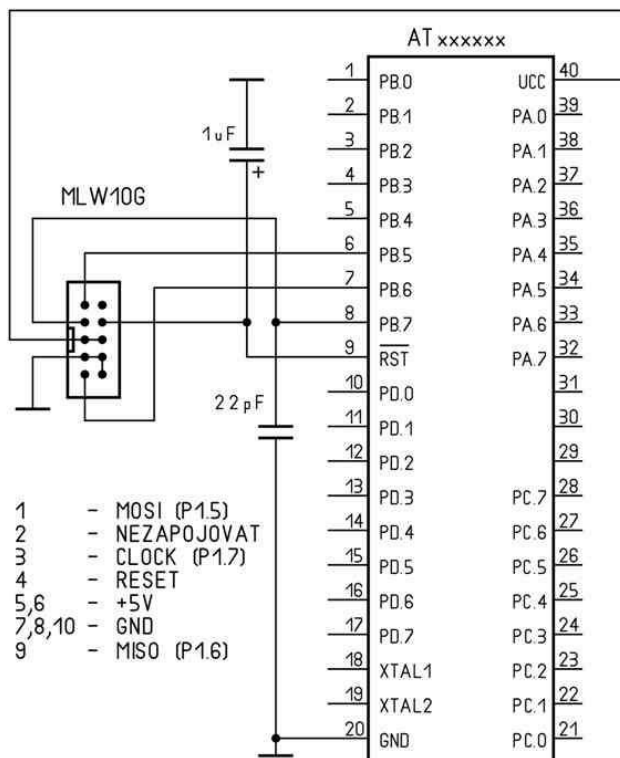
Pokud dojde k resetu, všechny vstupně/výstupní registry se nastaví na inicializační hodnotu a program se přesune na adresu 00h.

Zdroje resetu:

- Power-on reset- reset je vyvolán, pokud napájecí napětí mikroprocesoru klesne pod úroveň napětí Power-on reset.
- Externí reset- mikroprocesor je resetován, pokud je na resetovací vstup přivedena logická 0.
- Watchdog reset- pokud je watchdog timer povolen, musí se při běhu programu po určité době resetovat, jinak dojde k zacyklení programu a resetu mikroprocesoru.
- Brown-out reset- k resetu dojde, pokud napájecí napětí klesne pod nastavenou úroveň Brown-out reset po dobu alespoň 2  $\mu$ s.

### *ISP programování mikroprocesoru:*

Prostřednictvím tohoto typu programování, není nutno pro nahrání programu do mikroprocesoru, vyjmát jej z patice. Deska s mikrokontrolérem je spojena s programátorem pomocí SPI sběrnice plochým, více žilovým kabelem. Doporučená délka kabele je do 25 cm a pro větší délky roste pravděpodobnost výskytu chyb při přenosu. Zapojení SPI je vidět na obrázku (Obr 15) převzatého z literatury [13].



Obr 15: Zapojení SPI sběrnice k mikroprocesoru.

*Přerušovací systém mikroprocesoru:*

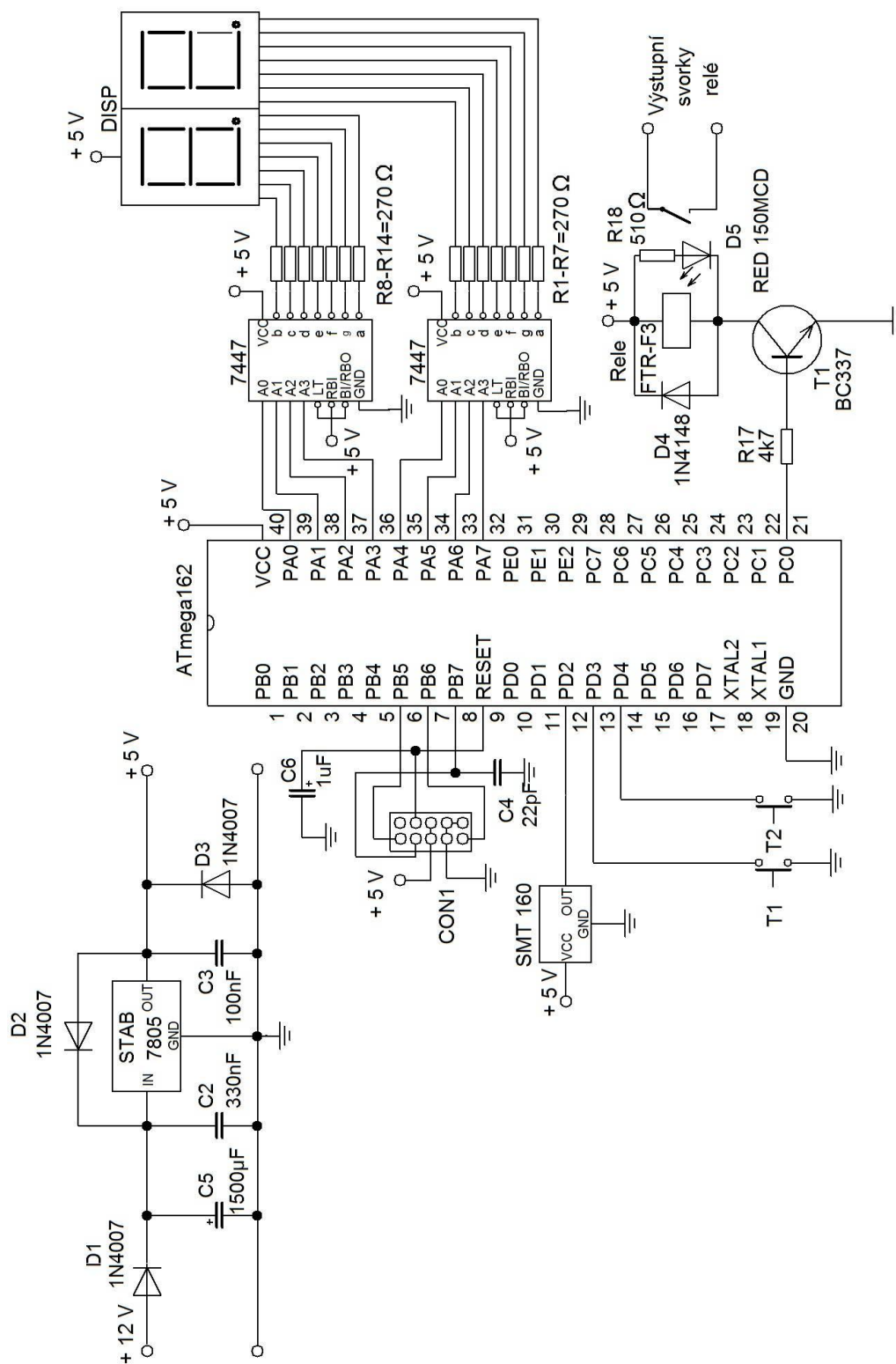
ATMega 162 obsahuje 28 zdrojů přerušení. K ovládání přerušení slouží vektor přerušení a každé přerušení má svůj povolovací bit.

Pokud mikroprocesor obdrží žádost o vykonání povoleného přerušení, zastaví vykonávanou část programu a spustí obslužný program vyhrazený pro daný zdroj přerušení. V průběhu obsluhy jednoho přerušení, nemůže být obsluhováno jiné. Obslužný program pro přerušení by neměl být příliš dlouhý, aby nebrzdil spouštění ostatních přerušení.

## **4 KONSTRUKČNÍ PODKLADY PRO REALIZACI FUNKČNÍHO VZORKU**

Konstrukční podklady pro realizaci funkčního vzorku navržené v rámci bakalářské práce se skládají z celkového schéma zapojení, desky plošného spoje a osazovacího plánu.

## 4.1 Schéma zapojení



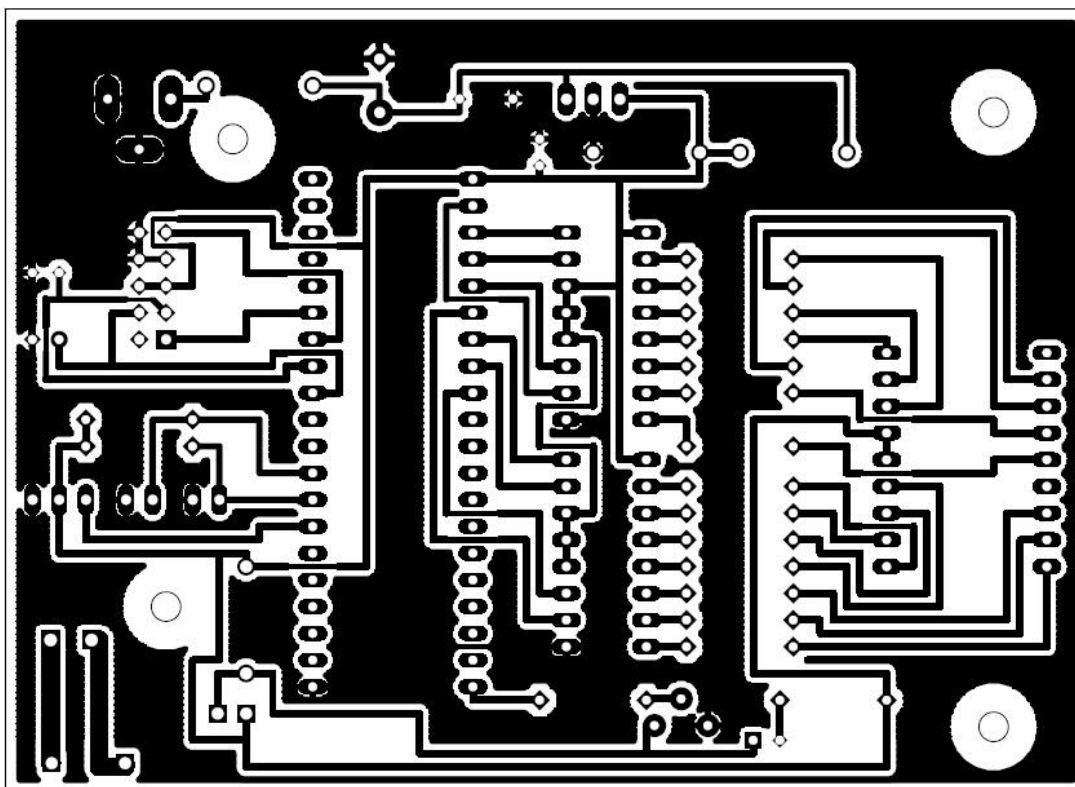
Obr 16: Celkové schéma zapojení.

Na základě obvodového návrhu jednotlivých bloků, bylo vytvořeno celkové schéma zapojení řídicího systému (Obr 16). Schéma bylo vytvořeno pomocí programu ProfiCAD, který se vyznačuje svoji jednoduchostí a obsahuje knihovnou nejčastěji používaných schematických značek pro elektrotechniku.

## 4.2 Deska plošného spoje

Po vytvoření celkového schéma zapojení byla navržena deska plošného spoje v editoru plošných spojů s názvem Eagle. Mezi hlavní výhody programu Eagle patří rozsáhlé knihovny součástek.

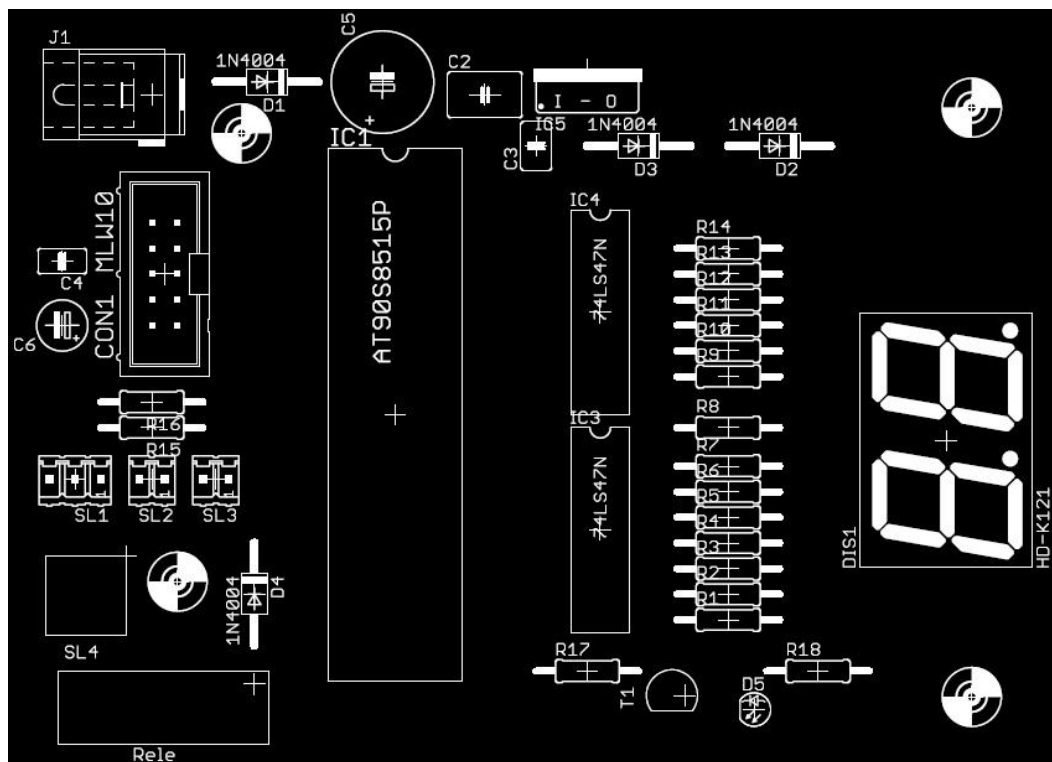
Na obrázku (Obr 17) je deska plošného spoje s vodivými cestami a rozlitou zemnicí plochou. Rozměry desky jsou 107 x 74 mm.



Obr 17: Deska plošného spoje.

## 4.3 Osazovací plán

Na obrázku (Obr 18) je vidět rozložení součástek na desce plošného spoje. Protože mikroprocesor ATmega162 chybí v základních knihovnách Eaglu, je v návrhu nahrazen mikroprocesorem AT90S8515P, který má souhlasné zapojení všech pinů.



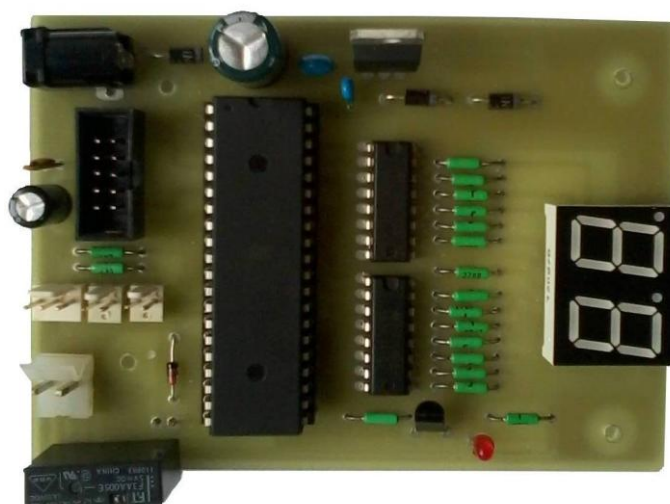
Obr 18: Rozložení součástek na desce plošného spoje.

Po vyrobení desky plošného spoje, byly vyvrtány všechny otvory pro vývody součástek vrtákem o průměru 0,8 mm. Díry pro umístění napájecího konektoru, stabilizátoru, relé a konektoru pro výstupní svorky byly ještě zvětšeny na vhodné rozměry. Následovalo osazení desky podle osazovacího plánu (Obr 18) a pájení součástek. Ještě před připojením napájecího napětí prošla deska kontrolou, jestli neobsahuje nevhodně spojené vodivé cesty. Poté začala tvorba softwaru. Při ožívování se objevila chyba v návrhu a rezistory  $R_{15}$  a  $R_{16}$ , které jsou vidět na osazovacím plánu (Obr 18), byly z desky plošného spoje odstraněny. Poté bylo zařízení funkční. Schéma (Obr 16) je navrženo správně a je bez těchto rezistorů.

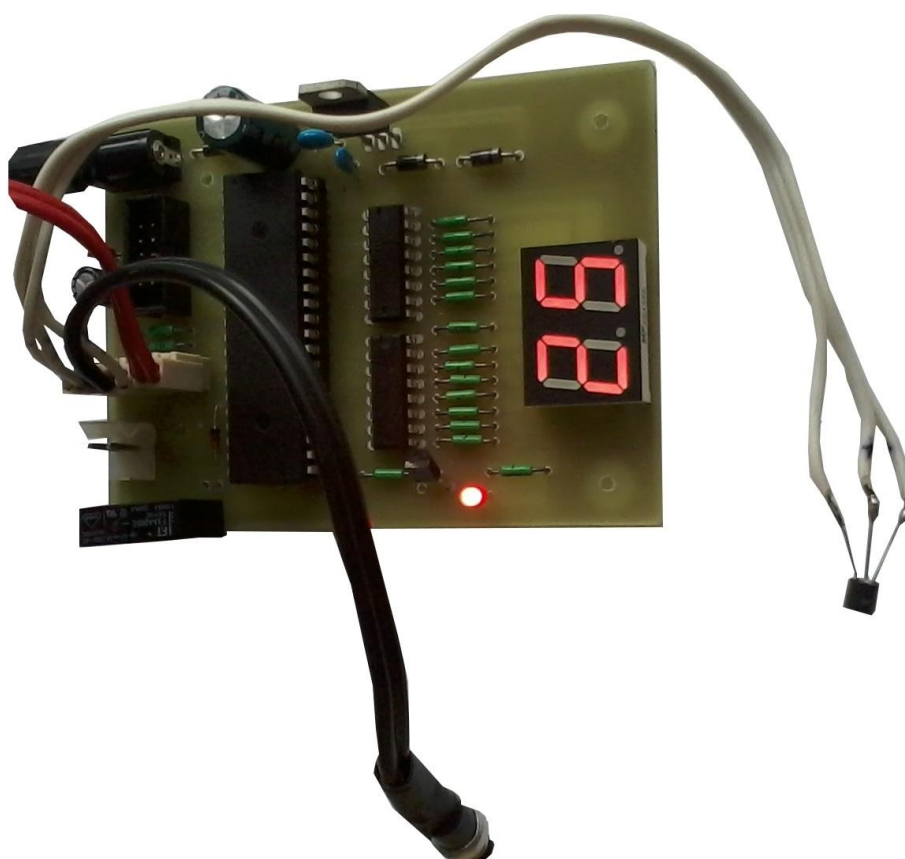
#### 4.4 Fotografie funkčního vzorku

Na fotografii (Obr 19) je pohled shora na osazenou desku a fotografie (Obr 20) ukazuje řídicí systém v činnosti.





Obr 19: Fotografie osazené desky.



Obr 20: Fotografie řídicího systému v činnosti.

## 5 ZÁVĚR

V bakalářské práci byly nejprve rozebrány možnosti řešení řídicího systému manuální klimatizace. Na základě analýzy výhod a nevýhod byl vybrán digitální způsob realizace. Následovalo navržení detailního blokového schéma s popisem výběru aktivních součástek jednotlivých bloků. Některé z nich mohou ovlivňovat správnou funkci systému. Proto byl analyzován vliv jednotlivých dílčích funkčních bloků na činnost adaptoru a vyjádřena přibližná velikost relativní chyby. Celková relativní chyba obvodu by neměla přesáhnout 1,69 %. V další kapitole je návrh všech funkčních bloků řídicího systému. Jejich funkce je detailně popsána a je proveden jejich obvodový návrh včetně vlastností a parametrů jednotlivých aktivních součástek. Na základě obvodových návrhů jednotlivých bloků bylo sestaveno celkové schéma zapojení a byla navržena deska plošného spoje. Po vyrobení a osazení desky byl napsán program a odzkoušena funkce výrobku. Nad rámec zadání, podle kterého měl být realizován a funkčně ověřen pouze blok mikroprocesoru, jsem realizoval a funkčně ověřil celý řídicí systém. Zařízení je funkční a pracuje bez problémů.

# LITERATURA

- [1] ĎAĎO, S., KREIDL, M. *Senzory a měřicí obvody*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. 313s. ISBN 80-01-01500-9.
- [2] FRÝZA, T. *Mikroprocesorová technika a embedded systémy* [online]. Brno: FEKT VUT v Brně. 2011 – [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na [www: http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/mpt\\_prednasky\\_2011-12-16.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/mpt_prednasky_2011-12-16.pdf)
- [3] HW.cz. [online]. 2004 – [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na [www: http://www.hw.cz/soucastky/rele-rele.html](http://www.hw.cz/soucastky/rele-rele.html)
- [4] HW.cz. *Jak na převodník SMT160-30-92* [online]. 2001 – [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na [www: http://www.hw.cz/navrh-obvodu/software/jak-na-prevodnik-smt160-30-92.html](http://www.hw.cz/navrh-obvodu/software/jak-na-prevodnik-smt160-30-92.html)
- [5] KREJČÍŘÍK, A. *Lineární napájecí zdroje*, Praha: Nakladatelství BEN - technická literatura, 2001. 136s. ISBN 80-7300-002-4.
- [6] MALINA, V. *Digitální technika*, České Budějovice: Nakladatelství KOPP, 2000. 207s. ISBN 80-85828-70-7.
- [7] SMARTEC. *SMT160-30-92 Digital temperature sensor* [online]. 2005 – [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné z: <http://www.smartec.nl/pdf/DSSMT16030.PDF>
- [8] STMICROELECTRONIC. *Positive voltage regulators L7800* [online]. 2012 – [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na [www: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00000444.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000444.pdf)
- [9] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. *DM74LS47 BCD to 7-Segment Decoder* [online]. 2000 – [cit. 13. května 2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/421/421-032/dsh.421-032.1.pdf>
- [10] BRIGHT LED ELECTRONICS CORPORATION. *BD-A544RD* [online]. – [cit. 13. května 2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf>
- [11] BRIGHT LED ELECTRONICS CORPORATION. *BL-BD0141* [online]. – [cit. 13. května 2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/511/511-309/dsh.511-309.1.pdf>
- [12] ATMEL. *Atmega162* [online]. 2013 – [cit. 13. května 2013]. Dostupné z: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-2513-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega162\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-2513-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega162_Datasheet.pdf)
- [13] HAVLÁT L. *Integrovaná vývojová prostředí WinIDE51 a WinAVR* [online]. 2005 – [cit. 13. května 2012]. Dostupné z: <http://winide51.wz.cz/>

# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

$\delta_{-45\div 130^{\circ}\text{C}}$	relativní chyba teplotního čidla v rozsahu teplot $-45\div 130^{\circ}\text{C}$ ,
$\Delta T$	odchylka teploty teplotního čidla,
$T$	teplotní rozsah teplotního čidla,
$\delta_{-30\div 100^{\circ}\text{C}}$	relativní chyba teplotního čidla v rozsahu teplot $-30\div 100^{\circ}\text{C}$ ,
$\delta_{7805}$	relativní chyba stabilizátoru 7805,
$\Delta U_{\text{OUT}}$	odchylka výstupního napětí stabilizátoru,
$U_{\text{OUT}}$	výstupní napětí stabilizátoru,
$\delta_{\text{Celková}}$	celková relativní chyba systému,
$C_{\text{F}}$	filtrační kondenzátor,
$C_1$	blokovací kondenzátor,
$C_2$	blokovací kondenzátor,
$I_{\text{MAX}}$	maximální odebíraný proud ze zařízení,
$p$	hodnota zvlnění napětí na vstupních svorkách stabilizátoru,
$U_{\text{I}}$	vstupní napětí na stabilizátoru,
$D.C.$	střída signálu,
$T_1$	doba signálu v logické 1,
$T_0$	doba signálu v logické 0,
$t$	teplota,
$R_{1-14}$	rezistory omezující proud segmentem,
$U_{\text{CC}}$	napájecí napětí,
$U_{\text{f}}$	napětí na segmentu,
$I_{\text{f}}$	proud segmentem,
$U_{\text{R17}}$	napětí na rezistoru $R_{17}$ ,
$U_{\text{BE}}$	napětí báze-emitor,
$I_{\text{b}}$	proud báze,
$I_{\text{c}}$	proud kolektorem,
$h_{21\text{E}}$	proudový zesilovací činitel,
$R_{17}$	rezistor báze,
$R_{18}$	rezistor pro nastavení proudu LED diodou,
$U_{\text{NPS}}$	napětí palubní sítě,

$U_{D5}$	napětí v propustném směru na LED diodě,
$I_{D5}$	proud diodou v propustném směru.

# SEZNAM PŘÍLOH

<b>A</b>	<b>Seznam součástek</b>	<b>38</b>
<b>B</b>	<b>Program</b>	<b>39</b>
<b>C</b>	<b>Blokové schéma mikroprocesoru atmega162</b>	<b>43</b>

## A SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C <sub>1</sub>	330nF	-	Keramický kondenzátor
C <sub>2</sub>	100nF	-	Keramický kondenzátor
C <sub>F</sub>	1500μF/16V	-	Elektrolytický kondenzátor
C <sub>6</sub>	1μF/160V	-	Elektrolytický kondenzátor
C <sub>4</sub>	22pF	-	Keramický kondenzátor
D <sub>1</sub>	1N4007	DO41	Dioda
D <sub>2</sub>	1N4007	DO41	Dioda
D <sub>3</sub>	1N4007	DO41	Dioda
D <sub>4</sub>	1N4148	DO35	Dioda
D <sub>5</sub>	Průměr 3mm, I <sub>F</sub> =30mA	-	LED dioda
STAB	7805	TO-220	Stabilizátor napětí
SMT 160	SMT160-30	TO92	Digitální teplotní čidlo
Atmega162	Atmega162-16PU	PDIP	Mikroprocesor
R <sub>1</sub> -R <sub>14</sub>	270Ω	-	Rezistor
R <sub>17</sub>	4k7	-	Rezistor
R <sub>18</sub>	510Ω	-	Rezistor
Rele FTR-F3	I <sub>cívký</sub> =40mA, R <sub>cívký</sub> =125Ω	-	Relé
T <sub>1</sub>	I <sub>c</sub> =0,5A	TO92	Bipolární tranzistor
DISP	I <sub>f</sub> =30mA	-	2 místný sedmi segmentový displej
74LS47	-	-	Dekodér BCD 74LS47
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	-	-	Tlačítka
CON1	-	-	MLW10G konektor do DPS

## B PROGRAM

Software je napsán v jazyku C pomocí programu Atmel Studio 6.

V hlavní smyčce programu jsou volány funkce pro testování stisknutých tlačítek, řízení relé a zobrazování naměřené teploty. Na displeji je po celou dobu zobrazena měřená teplota, pouze při stisku tlačítka je zobrazována nastavovaná teplota.

### *Měření teploty:*

Při měření teploty je nutno výstupní signál z teplotního čidla vzorkovat. To je realizováno pomocí časovače 0. Časovač počítá do hodnoty, která je uložena v registru OCR0. Registr OCR0 má hodnotu 7 a to odpovídá 1us. Při rovnosti je provedena obsluha přerušení, kde se při příchodu nástupné hrany začne vzorkovat 20 000 vzorků signálu z čidla. Počet vzorků, ve kterých je signál v logické 0 se ukládá do proměnné zerosCount a počet vzorků v logické 1 je v proměnné onesCount. Tento postup se opakuje ještě jednou a proměnné zerosCount a onesCount jsou po měření zprůměrovány a je proveden výpočet teploty.

### *Nastavení teploty:*

Tlačítka jsou připojena k pinům PD3(inkrementace teploty) a PD4(dekrementace teploty). Při stisku tlačítka se na příslušném pinu objeví logická 0, hodnota požadované teploty se změní o 1 °C a zobrazí se na 1 vteřinu na displeji. Pokud je tlačítko stisknuto déle než 1 s, nastavovaná teplota se mění o 1 °C každých 300 ms a tato teplota je na displeji zobrazována.

### *Spínání a vypínání relé:*

Ve funkci pro spínání a rozepínání relé je pouze podmínka, která na pin PC0 vyše buď logickou 1 pro sepnutí kontaktů relé, nebo logickou 0 pro rozepnutí kontaktů.

### *Kompletní program:*

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/iom162.h>
#include <util/delay.h>
#include <math.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define F_CPU = 8000000UL;

int samplesCount; //počet vzorků
int onesCount; //počet vzorků kdy je výstupní signál z tep.
//čidla ve vysoké úrovni
int zerosCount; //počet vzorků kdy je výstupní signál z tep.
//čidla v nízké úrovni
int temp; //vypočtená teplota
int setTemperature; //nastavovaná hodnota teploty
int measurements; //počet měření
int onesCount2; //pomocná proměnná pro výpočet průměrného počtu
//vzorků ve vysoké úrovni
int zerosCount2; //pomocná proměnná pro výpočet průměrného počtu
//vzorků v nízké úrovni
```



```

void relaySwitch()
{
    if (temp > setTemperature)
    {
        PORTC = 0b000000001;
    }
    else
    {
        if ((temp + 1) <= setTemperature)
        {
            PORTC = 0b000000000;
        }
    }
}

void test()
{
    if(bit_is_clear(PIND,3))
    {
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(500);

        setTemperature++;
        if(setTemperature >= 30) setTemperature = 30;
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(500);

        while (1)
        {
            if(bit_is_set(PIND,3)) return;
            setTemperature++;
            if(setTemperature >= 30) setTemperature = 30;
            showTemperature(setTemperature);
            _delay_ms(300);
        }
        return;
    }
    if(bit_is_clear(PIND,4))
    {
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(500);

        setTemperature--;
        if(setTemperature <= 15) setTemperature = 15;
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(500);

        while (1)
        {
            if(bit_is_set(PIND,4)) return;
            setTemperature--;
            if(setTemperature <= 15) setTemperature = 15;
            showTemperature(setTemperature);
            _delay_ms(300);
        }
        return;
    }
}

void keyTest()

```

```

{
    if(bit_is_clear(PIND,3))
    {
        cli();
        test();
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(1000);
        sei();
    }
    if(bit_is_clear(PIND,4))
    {
        cli();
        test();
        showTemperature(setTemperature);
        _delay_ms(1000);
        sei();
    }
}
ISR(TIMERO0_COMP_vect)
{
    if (samplesCount < 1)
    {
        while(bit_is_set(PIND,2));
        while(bit_is_clear(PIND,2));
    }
    samplesCount++;
    if(samplesCount < 20000)
    {
        if (bit_is_set(PIND,2))
        {
            onesCount++;
        }
        else
        {
            zerosCount++;
        }
    }
    if(samplesCount > 20000)
    {
        measurements++;

        zerosCount2 += zerosCount;
        onesCount2 += onesCount;

        if(measurements >= 2 )
        {
            zerosCount2 /= 2;
            onesCount2 /= 2;

            float duteCycle = (float) (onesCount2) /
(float) ((onesCount2 + zerosCount2));
            temp = (int) ((duteCycle - 0.32f) / 0.0047f);

            onesCount2 = 0;
            zerosCount2 = 0;
            measurements = 0;
        }
        samplesCount = 0;
        zerosCount = 0;
    }
}

```

```

        onesCount = 0;
    }
}
void showTemperature(int value)
{
    int d = value / 10;
    int j = value % 10;

    PORTA = (d << 4 | j );
}
void init()
{
    onesCount = 0;
    zerosCount = 0;
    samplesCount = 0;
    setTemperature = 22;
    zerosCount2 = 0;
    onesCount2 = 0;
    measurements = 0;

    DDRD = 0;
    PORTD |= (1 << PD3) | (1 << PD4);
    DDRA = 255;
    DDRC = 255;
    PORTC = 0;

    OCR0 = 7;
    TIMSK |= (1 << OCIE0);
    TCCR0 |= (1 << WGM01) | (0 << WGM00) | (0 << CS02) | (0 << CS01)
| (1 << CS00);
    sei();
}
int main(void)
{
    init();
    while(1)
    {
        keyTest();
        relaySwitch();
        showTemperature(temp);
    }
}

```

# C BLOKOVÉ SCHÉMA MIKROPROCESORU ATMEGA162

